



《生理学》 Physiology

作者：祁文秀、吴惠文、高胜利

赵成瑞、刘丽霞、许婷、荆治华



山西医科大学汾阳学院



第一章 絮 论

Introduction

祁文秀



目的与要求

掌握：

生理学的定义；生命活动的基本规律，兴奋性、刺激引起兴奋的条件；内环境和稳态的概念及生理意义；

熟悉：

生理学研究的方法和水平；可兴奋性组织；保持内环境稳态的方式；

了解：

生理学的历史、任务、对象等；机体体液的组成。



重点与难点

重点：

1. 内环境与稳态的概念、维持
2. 机体功能的调节方式
3. 反馈的分类、概念和意义。

难点：

反馈的分类、概念和意义



专业词汇

内环境 (internal environment)

内环境稳态(homeostasis)

神经调节(nervous regulation)

体液调节(humoral regulation)

神经分泌(neurosecretion)

自身调节(autoregulation)

神经-体液调节(nervous-humoral regulation)

反射(reflex)

负反馈(negative feedback)

正反馈(positive feedback)



理论知识

课后自测

课堂讨论

知识拓展



目 录

第一节 生理学简介

第二节 生命的基本特征

第三节 人体与环境

第四节 机体生理功能的调节

第五节 体内的控制系统



第一节 生理学简介

The introduction of physiology



一、生理学（Physiology）的概念

生理学是研究正常生物机体的生命活动现象、规律和功能的一门科学。



二、研究对象和任务

人体生理学、动物生理学、植物生理学、运动
生理学、病理生理学等

人体生理学任务：生命活动的现象、发生机
制、条件、影响因素及其调节等。

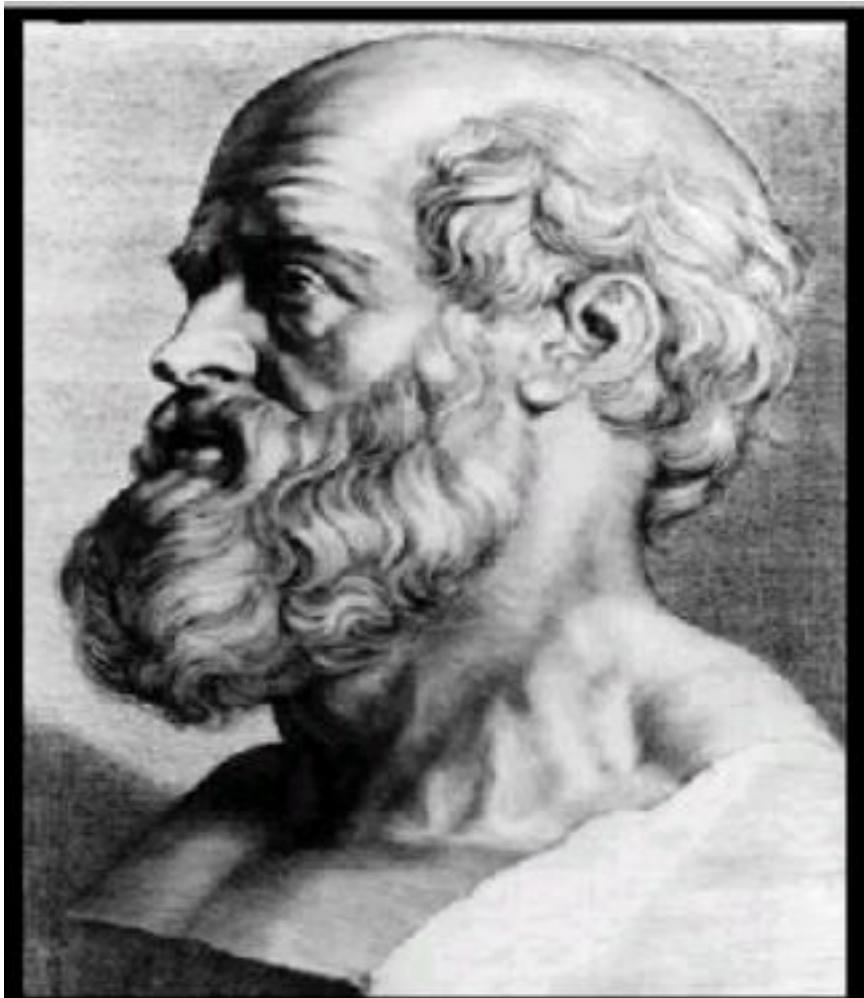


三、与医学的关系——重要的医学理论课之一（生理学发展史）

人体功能活动的认识已有几千年历史。

古希腊、古罗马以及我国的医书中对此均有描述

古代生理学对于人体功能活动的认识存在着许多谬误；同时，其中还掺杂着浓厚的宗教色彩。



希波克拉底 ——西方医学之父



维萨里—建立解剖学的关键人物



Andreas Vesalius' magnum opus, "De Humani Corporis Fabrica," was first published in 1543.

以解剖学为基础
沿着生理、病理、
临床、药理等发展



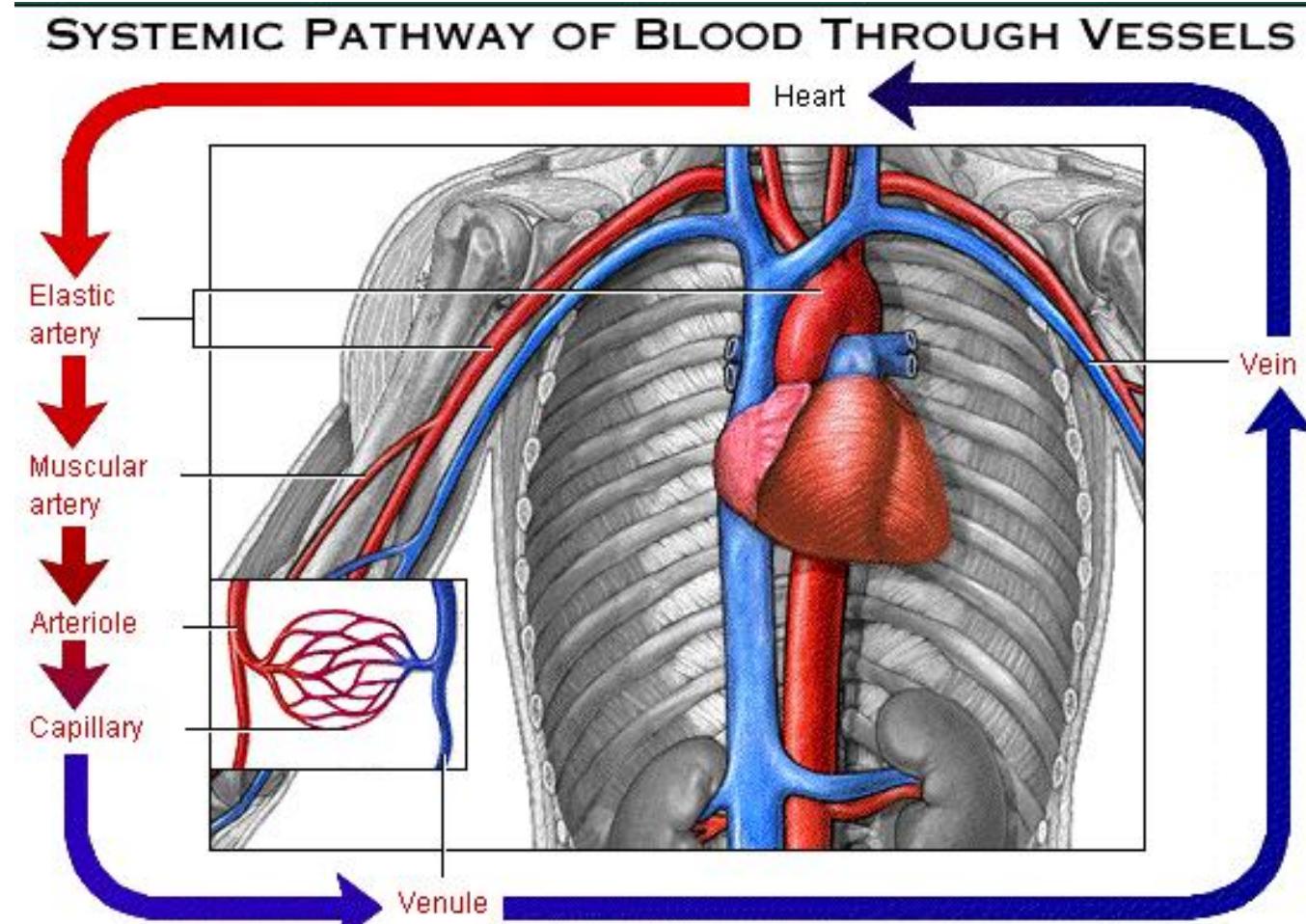
近代生理学

生理学的真正形成和发展，主要是近300多年来的历程。

知识拓展：生理学发展简史



血液由心还心的循环过程





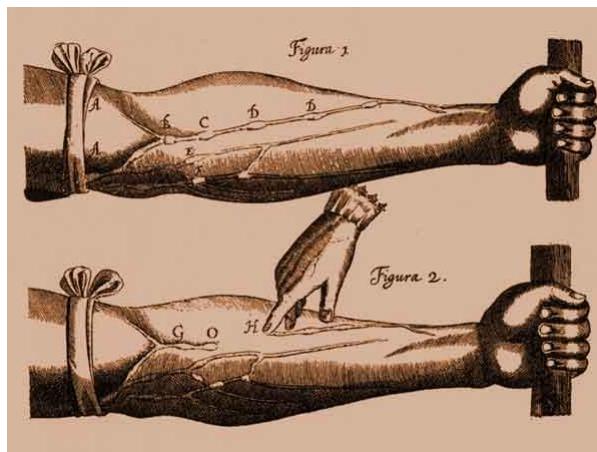
William Harvey

1628年完稿，《心与血的运动》后发表

1660年和1688年Malpighi, M 和Leunwenhock, A 分别用显微镜看到了血液通过毛细血管的实际循环过程，证实Harvey的推论。

Harvey：重要实验手段“活体解剖学”

将1628年视为近代生理学的起点。





生理学研究进展

1. 细胞水平的研究，基因，后基因时代；
2. 功能与整体的关系；
3. 行为与整合；
4. 功能与疾病的关系



知识链接：

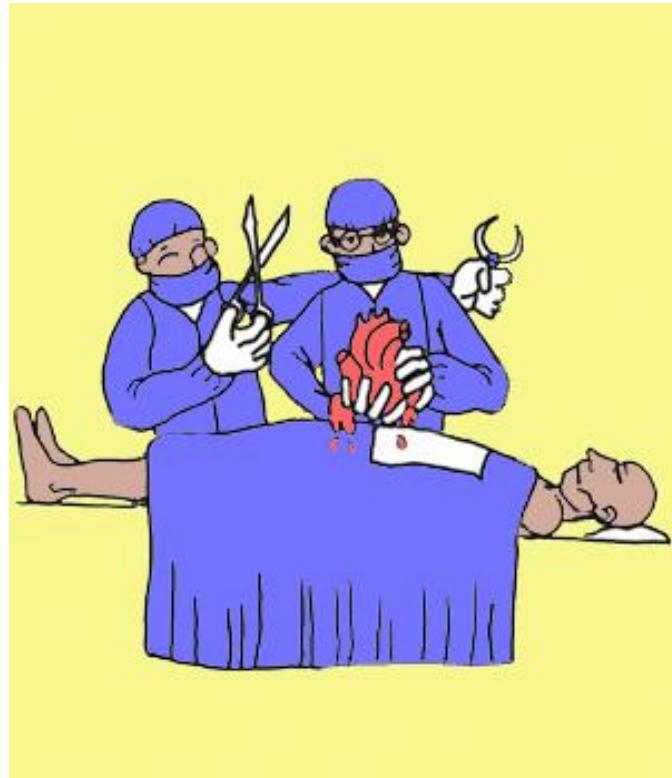
整合生理学 <http://www.doc88.com/p-3018096456001.html>



四、生理学是一门实验科学

(一) 研究方法

生理学是一门以实验为
基础的理论科学





生理学研究方法

1、动物实验

急性 在体
慢性 离体
 摘除、破坏

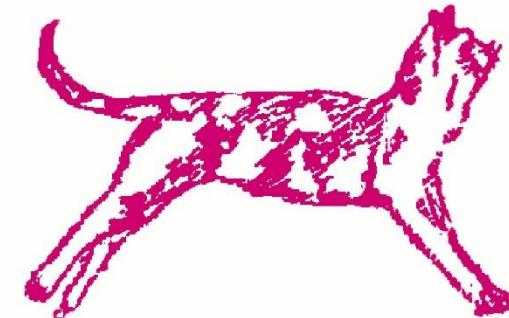
2、无创伤 新技术的运用

3、无创伤或无损健康的人体实验



生理学研究方法

急性实验(Acute experiment)

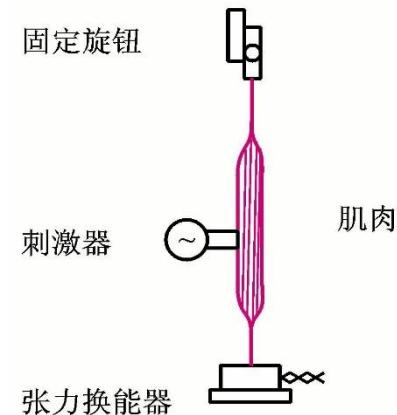


在体实验(Experiment in vivo)

离体实验(Experiment in vitro)



慢性实验(Chronic experiment)





（二）生理学研究水平

1. 细胞、分子水平 (Cell level)
2. 器官、系统水平 (Organ level)
3. 整体水平 (Whole level)



第二节 生命的基本特征

The basic characteristics of life



生命的基本特征

新陈代谢

兴奋性

内稳态

生长发育

生殖与遗传

适应





(一) 新陈代谢(Metabolism)

生物体对周围环境所表现出的**自我更新**

包括：物质代谢和能量代谢。



(二) 兴奋性(Excitability)

兴奋性：即组织细胞对
刺激发生反应的能力。

是一切生物体普遍具有
的内在能力。

是生命活动的基本特征





(三) 生殖(Reproduction)

生物体生长、发育成熟后，产生与自身相似的子代个体。

The individual can survive without reproduction , but the species can not.



(四) 适应(Adaptation)

适应(Adaption): 机体按环境变化调整自身生理功能的过程。

适应性(Adaptability): 机体能根据内外环境的变化调整体内各种活动，以适应变化的能力。

生理性适应、病理性适应



第三节 人体与环境

Human body and environment



一、内环境 (Internal environment)

概念：机体内部细胞所生存的环境，即细胞外液

体液：60% / 体重 { 细胞内液：40%，细胞外液：
：20% (组织液：15%，血浆4%，其它1%) }



人体体液的组成及含量

表3-1 人体各部分体液中电解质的含量 (mmol / L)

正离子	血浆	组织液	细胞内液	负离子	血浆	组织液	细胞内液
Na ⁺	142	145	12	Cl ⁻	104	117	4
K ⁺	4.3	4.4	139	HCO ₃ ⁻	24	27	12
Ca ²⁺	2.5	2.4	<0.001 (游离) ¹	HPO ₄ ²⁻ / H ₂ PO ₄ ⁻	2	2.3	29
Mg ²⁺	1.1	1.1	1.6(游离) ²	蛋白质 ³	14	0.4	54
总计	149.9	152.9	152.6	其他	5.9	6.2	53.6
				总计	149.9	152.9	152.6

¹表示游离Ca²⁺和Mg²⁺的浓度；²蛋白质以毫当量浓度 (mEq / L) 表示，而不是毫摩尔浓度。



二、内环境稳态(Homeostasis)

1. 稳态的概念

内环境的理化性质保持相对稳定的状态，称之为内环境的稳定或稳态。

2. 稳态有两层含义

平衡；一定范围内的波动。

3. 稳态概念的扩展

内环境稳态历史



关于稳态

3. 稳态的实现

神经体液机制调节下，通过各器官系统的活动而实现的。

5. 稳态的意义

维持细胞、器官、系统乃至整体的正常功能及生命活动的必要条件。若破坏内环境稳定，机体将发生疾病。



知识链接：酸碱平衡指标

病例分析和讨论



第四节 机体生理

功能的调节

The regulation of physiological function

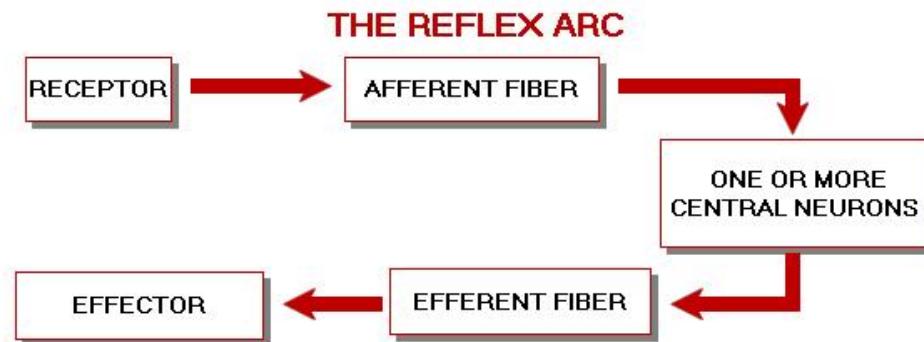


一、生理功能的调节方式

(一) 神经调节(Neuroregulation)

以反射弧为基础

神经调节的历史，巴甫洛夫，条件反射





巴普洛夫条件反射发展历史

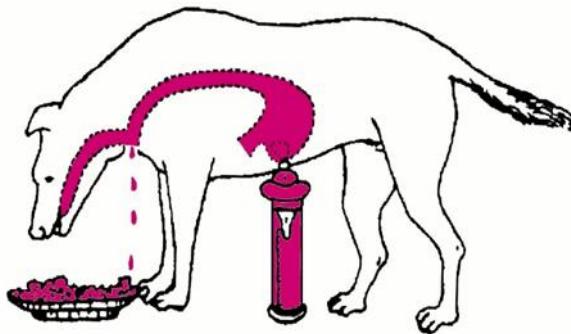
(一) 灵感的产生

(二) 巴氏“假饲”实验

(三) 条件反射的提出

(四) 巴甫洛夫对高级神经功能活动的贡献

知识链接





关于神经调节

神经调节概念：由神经系统的活动调节生理功能的调节方式

结构基础：反射弧

基本方式：反射(Reflex)

反射：在CNS参与下，机体对内、外环境变化产生的具有适应意义的规律性应答。

分类：据发生过程：条件反射 非条件反射

据生物学意义：防御性反、食物反射性反射

作用特点：迅速、精确、持续时间短

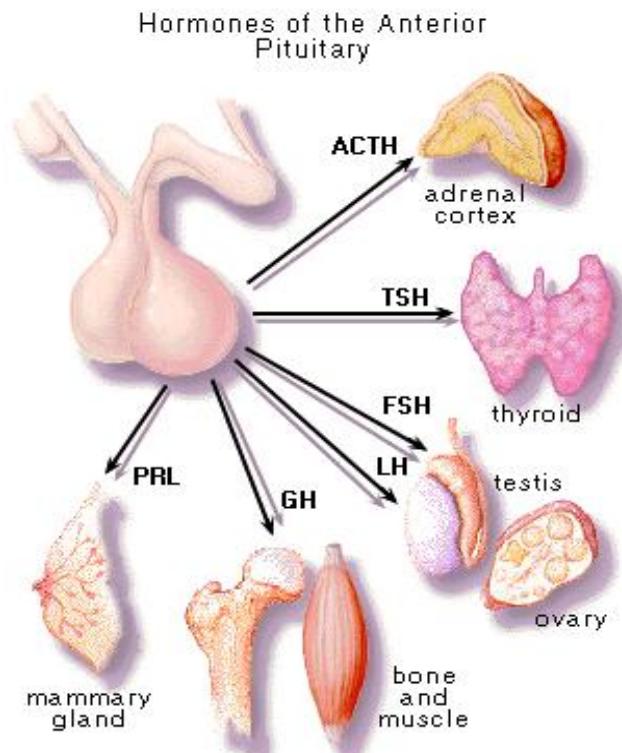


(二) 体液调节(Humoral or neuro-humoral regulation)

1. 概念：体内某些化学物质借体液运至靶组织，对人体重要机能的调节

2. 特点：体液调节作用范围广，作用时间缓慢而持久。

举例：消化道G细胞分泌促胃液素





关于神经—体液调节

内分泌腺本身直接或间接地接受NS的支配，此时的体液调节是反射弧上传出神经的一个延长，体液调节也就成了神经调节的一个环节，此种调节又称神经—体液调节（Neurohumoral regulation）。

知识拓展



神经-体液调节 (Neuro-humoral regulation)

举例：寒冷环境中，甲状腺激素分泌增加。

婴儿吸允乳头引起射乳反射。

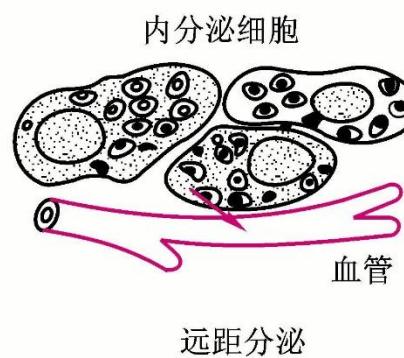
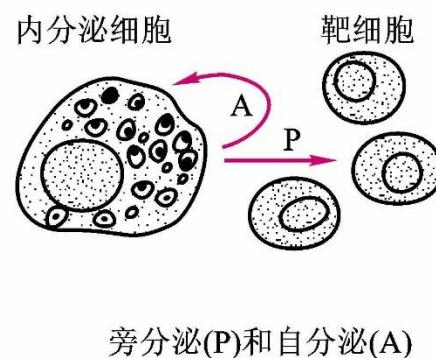


激素调节方式

①远距分泌

②旁分泌

③神经分泌





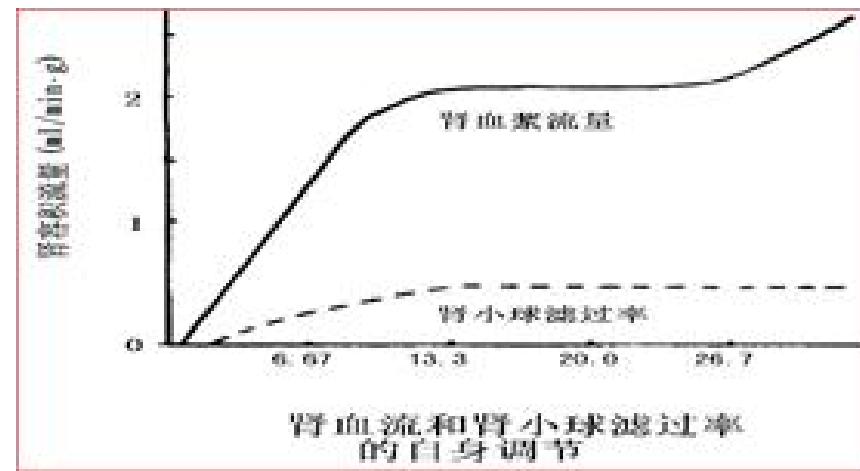
(三) 自身调节(Autoregulation)

指组织、细胞在内外环境变化时，不依赖于神经、体液调节而产生的适应性反应。

特点：幅度小，不够灵敏。

如入球小动脉端

血压升高和降低时：





第五节 体内的控制系统

The control system of body



一、非自动控制系统

开环系统

控制方式：单向性（开环系统）



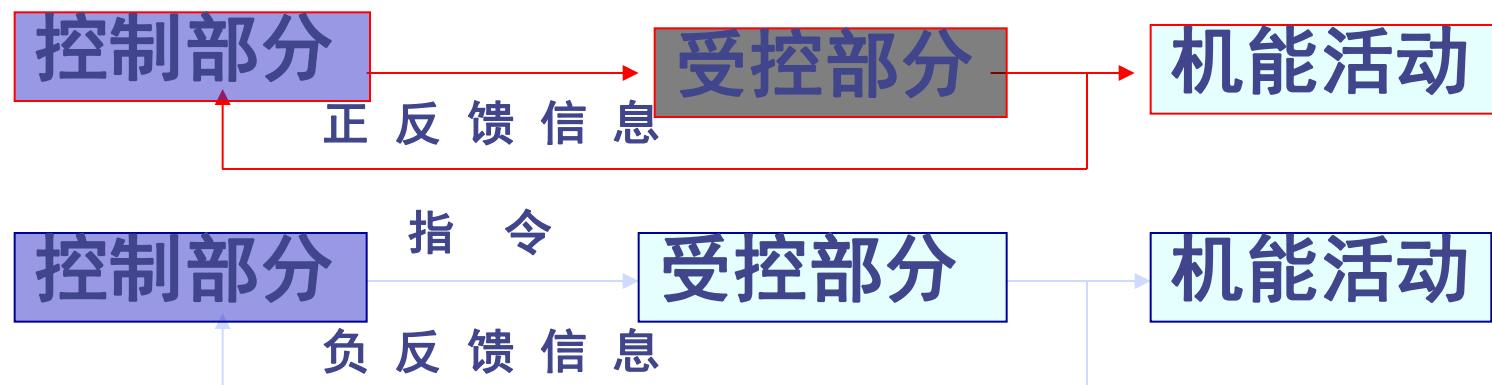
激时，大量的ACTH分泌，不受靶器官的控制。



二、反馈控制系统 (Feed back control system)

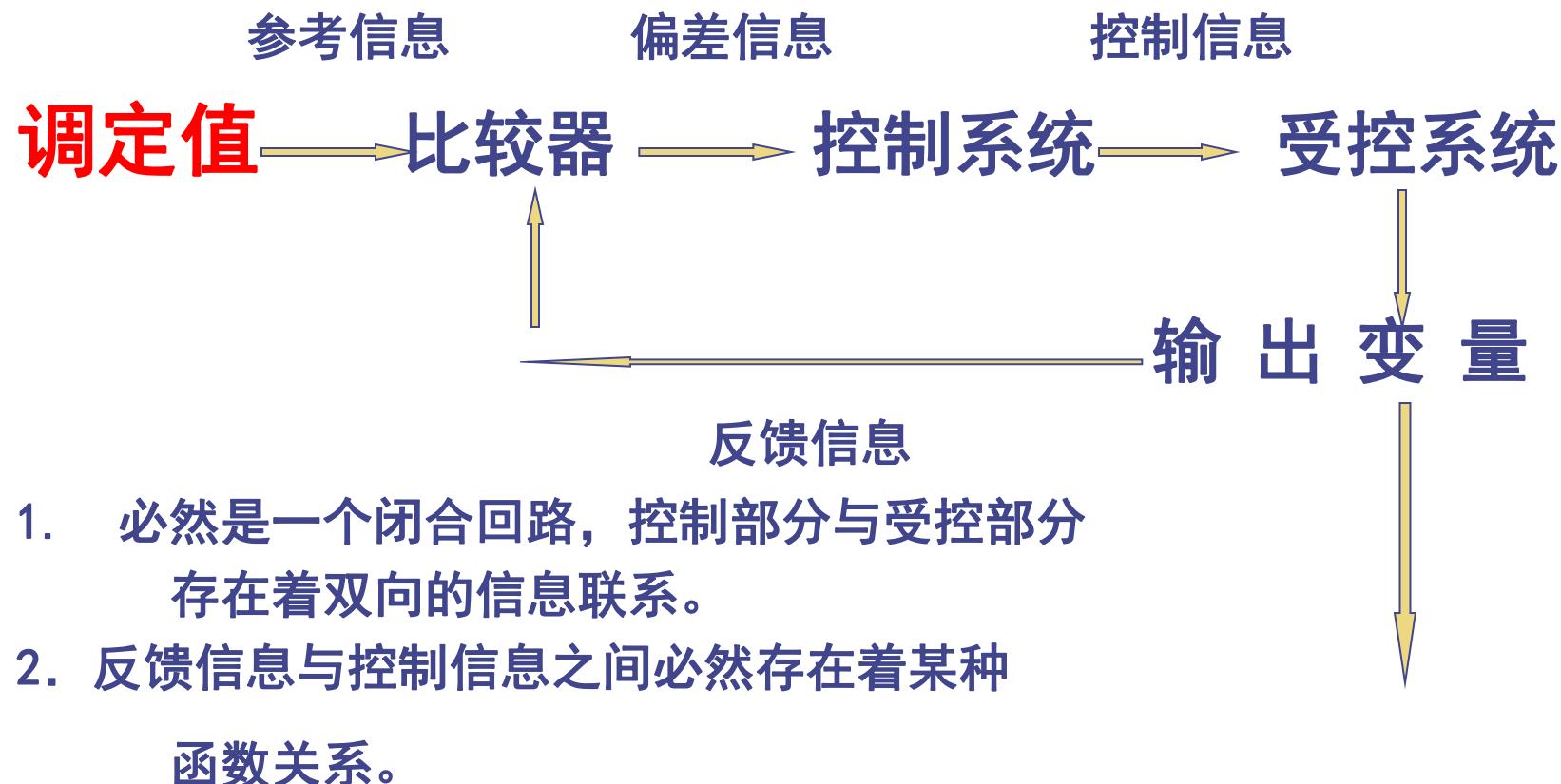
闭环系统

控制方式：双向性（分：正反馈、负反馈）





自控系统及其信息流



1. 必然是一个闭合回路，控制部分与受控部分
存在着双向的信息联系。

2. 反馈信息与控制信息之间必然存在着某种
函数关系。

“预定目标”



1. 负反馈(Negative feedback)

概念：反馈信息与控制信息作用性质相反的过程。

意义：是维持内环境稳态的重要途径。

特点：具有波动性和滞后性。

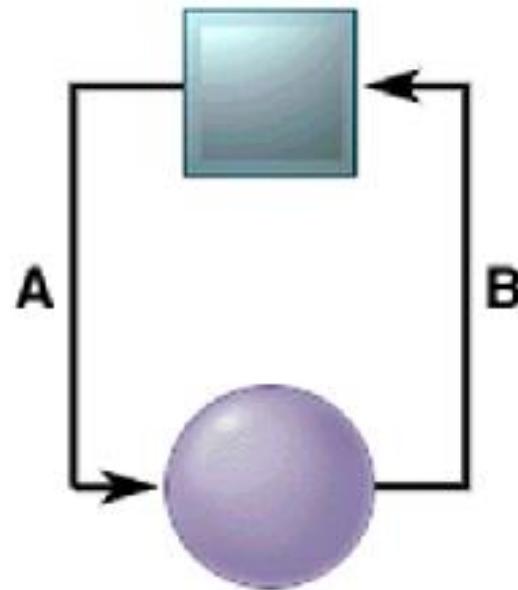


2. 正反馈(Positive feedback)

概念：反馈信息与控制信息作用性质一致。

意义：急速达到某种状态的短暂反应的过程。

如排尿、分娩、血液凝固等，
为不可逆的、不断增强的过程



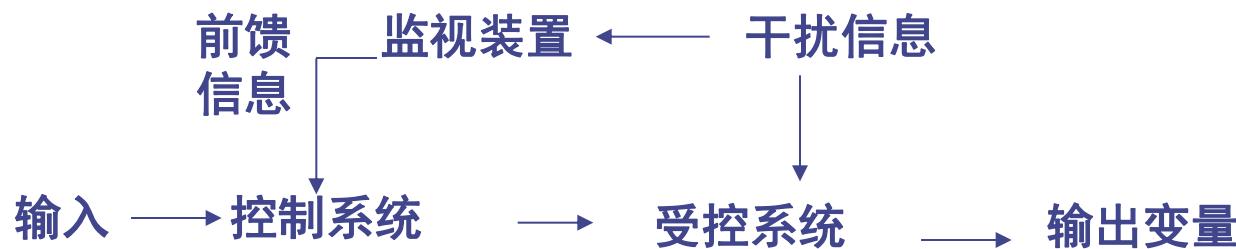
positive feedback



三、前馈控制系统（Feed forward control system）

快捷通路向控制部分发出前馈信息，及时地调控受控部分的活动。

容易产生误差





参考资料

Guyton AC, Hall JE. Textbook of Medical Physiology. 10th ed,
Philadelphia, Saunders, 2000

<http://www.i.ed.edu.hk/has/bio/biodemo/body/>

<http://zengzhi.ipmph.com/>

<http://med.wanfangdata.com.cn/>

祁文秀、吴惠文等. 生理学课堂教学中培养学生创新能力的实践研究. 中国高等医学教育杂志, 2014, 215 (9) 41-42.

吴惠文、高胜利等. LBL与PBL相结合的教学模式在生理学教学中的应用及效果评价. 现代生物医学进展, 2014, 15 (7) 1339-1341

Veiga-Fernandes H, Pachnis V. Neuroimmune regulation during intestinal development and homeostasis. Nat Immunol, 2017, 18 (2) :116-122.



小结

1. 生理学的概念、研究方法和水平
2. 生命活动的基本规律
3. 内环境和稳态
4. 生理功能的调节方式
5. 反馈的分类和概念、意义

小测验 讨论



思考题

1. 何谓内环境？内环境为什么要保持相对稳定？
2. 生理功能调节的方式有哪些？举例说明。
3. 体内的控制系统有哪几类？并比较其异同。
4. 何谓反馈、正反馈、负反馈、前馈？举例说明。
5. 反应、反射和反馈有何区别？举例说明
6. 生理学的研究方法有哪些？可从哪些水平研究？





单选题

1. 机体处于寒冷环境时，甲状腺激素分泌增多的反应是一种
A. 神经调节 B. 体液调节 C. 神经-体液调节
D. 自身调节 E. 旁分泌

2. 下述情况属于自身调节的是（ ）
A. 动脉血压在一定范围内升降时，脑血流量相对稳定
B. 动脉血压升高后，经过调节使血压恢复
C. 小血管破裂后出现的收缩反应
D. 光线增强使瞳孔缩小
E. PCO_2 升高引起呼吸加快





多选题

下列生理过程中，属于体液调节的是（ ）

- A. 日常活动中血压保持相对稳定的即时调节
- B. 血糖保持相对稳定
- C. 血钙保持相对稳定
- D. 红细胞数量保持相对稳定
- E. 渗透性利尿





讨论与作业

1. 机体的内环境稳态是如何维持稳定的？用控制论理论说明机体内环境稳态的调节。（课后作业）
2. 收集关于控制论的历史发展和人物。其在机体和临床中的应用有哪些。（课后作业，知识拓展）
3. 搜集关于内环境稳态的发展历史，举例说明内环境保持相对稳定的重要性。（课后作业）
4. 设计实验证明生理功能调节的三种方式。（课堂讨论）
5. 试举例说明生理学的研究方法和研究水平。（课堂讨论）
6. 举例说明科学研究所中的三个水平的应用。





病例讨论

女性患者，45岁。心悸、多汗、乏力伴体重减轻1年。1年前开始，自觉生气后出现心慌、气短、多汗及全身疲乏无力。近3周家属发现其双眼球突出，且易怒，失眠，视物正常。每日排大便2~3次，不成形。自测脉搏最快达128次/分，发病来体重下降6kg。当地查血糖正常，未经正规治疗。查尿正常。发病以来无发热，睡眠差，月经不规律。既往体健，无药物过敏史，月经规律，家族史无特殊。查体：T 36.7°C，P 120次/分，R 20次/分，BP 130/60mmHg。发育良好，消瘦，皮肤

潮湿，浅表淋巴结无明显肿大，双眼球突出，闭合障碍，伸舌有细颤。甲状腺Ⅱ度肿大，质软，无触痛，无结节，两上极可触及震颤，可闻及血管杂音。肺无异常。叩诊心界不大，心率120次/分，心律齐，心尖部可闻及2/6收缩期吹风样杂音，腹软无压痛，肝脾肋下未触及，肠音正常，双下肢不肿，伸手有细颤。实验室检查：Hb 131g/L，WBC 7.68×10⁹/L，N 70%，L 30%。尿及粪便常规未见异常。根据以上病史摘要，做出诊断及诊断依据。





知识拓展



生理学发展简史

17 世纪。1628 年，英国医生威廉 · 哈维（ William Harvey, 1578~1657 ）发表了有关血液循环的名著《心与血的运动》一书，这在 18 世纪，法国化学家拉瓦锡（ Antoine Laurent Lavoisier, 1743~1794 ）首先发现氧气和燃烧原理，指出呼吸过程同燃烧一样，都要消耗 O₂ 和产生 CO₂ ，从而为机体新陈代谢的研究奠定了基础。意大利生理学家伽伐尼（ Luigi Galvani, 1737~1798 ）在用青蛙的腿做实验时，他以铜丝拴着蛙腿悬挂在一根铁制的杠杆上，当风吹动蛙腿使之偶然碰到铁杠杆时，蛙腿肌肉就发生抽缩，这一现象起先被认为是生物组织的生物电刺激了肌肉而引起肌收缩，而实际上是两种不同金属相接触可产生电流，蛙腿肌肉收缩正是由这种电流刺激所致。这一发现一方面促使意大利物理学家伏打（ Alessandro Volta, 1745~1827 ）发明了电池，另一方面促使生物电学这一新的生理研究领域的开始。



生理学发展简史

19世纪，生理学开始进入全盛时期。首先应提到法国的著名生理学家克劳德·伯尔纳（Claude Bernard, 1813~1878），他在生理学的许多方面进行了广泛的实验研究（见另篇），并做出了卓越的贡献，特别重要的是他提出的内环境概念已成为生理学中的一个指导性理论。他指出血浆和其他细胞外液乃是动物机体的内环境，是全身细胞直接生活的环境，内环境的理化性质，如温度、酸碱度和渗透压等的恒定是保持生命活动的必要条件。





生理学发展简史

德国物理学家和生理学家赫尔姆霍茨（Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz, 1821~1894）除运用他丰厚的物理学知识对视觉和听觉生理做出了杰出的贡献外，还创造了测量神经传导速度的简易而相当精确的方法，为后人所称道。

20世纪前半叶，生理学研究在各个领域都取得了丰硕的成果。1906年英国著名生理学家谢灵顿（Charles Scott Sherrington, 1857~1952）出版了他的经典著作《神经系统的整合作用》，他对脊髓反射的规律进行了长期而精细的研究，为神经系统的生理学奠定了巩固的基础（见另篇）。与此同时，俄国生理学家巴甫洛夫从消化液分泌机制的研究转到以唾液分泌为客观指标对大脑皮层的生理活动规律进行了详尽的研究，提出著名的条件反射概念和高级神经活动学



生理学发展简史

美国生理学家坎农（Walter Bradford Cannon, 1871~1945）在长期研究自主神经系统生理的基础上，于1929年提出了著名的稳态概念，进一步发展了伯尔纳的内环境恒定的理论，认为内环境理化因素之所以可以在狭小范围内波动而始终保持相对稳定状态，主要依赖于自主神经系统和某些有关的内分泌激素的经常性调节。

坎农的稳态概念在20世纪40年代由于和控制论（见另篇）的结合，使人们认识到机体各个部分从细胞到器官系统的活动，都依靠自身调节机制的作用而保持相对稳定状态，这些调节机制都具有负反馈作用。此后，控制论、系统分析和电子计算机等一系列新观念、新技术的引进，使得生理学在定量研究方面迈出了一大步，出现数学生理学这一新的边缘学科。





生理学发展简史

中国近代生理学的研究自 20 世纪 20 年代才开始发展。1926 年在生理学家林可胜的倡导下，于 1926 年成立中国生理学会，翌年创刊《中国生理学杂志》，新中国成立后，改称为《生理学报》。中国生理学家在这个刊物上发表了不少很有价值的研究论文，受到国际同行的重视。





内环境稳态发展历史

内环境恒定概念是19世纪法国生理学家贝尔纳 (Claud Bernard) 所提出。他认为机体生存在两个环境中，一个是不断变化的外环境，一个是比较稳定的内环境。“内环境恒定是（机体）自由和独立生存的首要条件”，这是贝尔纳对生命现象的高度概括。稳态即相似的状态，是美国生理学家坎农 (W. B. Cannon) 于本世纪20年代末提出的，是内环境恒定概念的引伸和发展。稳态是在不断运动中所达到的一种动态平衡；即是在遭受着许多外界干扰因素的条件下，经过体内复杂的调节机制使各器官、系统协调活动的结果，这种稳定是相对的，不是绝对的，一旦稳态遭破坏，就导致机体死亡。





内环境稳态扩展的意义

随着控制论和其他生命科学的发展，稳态已不仅指内环境的稳定状态，也扩展到有机体内极多的保持协调、稳定的生理过程，例如生命活动功能以及正常姿势（直立以及行路姿势）的维持等；也用于机体的不同层次或水平（细胞、组织器官、系统、整体、社会群体）的稳定状态；以及在特定时间内（由几毫秒直至若干万年）保持的特定状态。稳态不仅是生理学，也是当今生命科学的一大基本概念。它对控制论、遗传学（基因的稳态调节）、心理学（情绪稳态等）、病理学、临床医学等多种学科都有重要意义。



体液调节概念提出，内分泌系统历史，促胰液素的发现

Bayliss 和 Starling 大胆地跳出“神经反射”这个传统概念的框框一个刺激胰液分泌的化学物质被发现了，这个物质被命名为促胰液素（secretin）。除神经系统外，机体内还存在着一个通过化学物质的传递以调节远处器官活动的方式——体液调节。

促胰液素是历史上第一个被发现的激素。这样，产生了“激素调节”这个新概念，以及通过血液循环传递激素的“内分泌”方式，从而建立了“内分泌学”这个新领域。此后，在低等和高等动物机体内已经发现了几十种激素，而且每年都有新的激素被发现，激素的重要意义是不言而喻的。

神经和内分泌这两大调节系统之间无论在功能上或结构上都有着明显的相互联系及影响。因此，将神经系统与内分泌系统联系起来进行的一系列功能研究，就产生了一个新型的综合性很强的神经内分泌系统。下丘脑起着一个神经内分泌换能器的作用，在神经—内分泌整合功能中起着重要的作用。





知识链接：酸碱平衡指标

临幊上主要测定pH、呼吸性和代谢性因素三方面的指标。

1. pH 为H⁺浓度的负对数值。正常动脉血pH为7.35~7.45，平均7.40，pH>7.45表示碱中毒；<7.35表示酸中毒；
2. H⁺浓度 40±5 mmol/L，H⁺浓度与pH呈反对数关系。
3. 二氧化碳分压 (PaCO₂) 为溶解的CO₂所产生的张力。正常动脉血为35~45mmHg，平均40mmHg
4. 标准碳酸氢盐 (standard bicarbonate, SB) 在标准条件下所测得的HC03⁻含量。正常值为22~26 (平均24) mmol/L。





巴甫洛夫发现高级神经活动规律

1. 灵感的产生

1849年9月26日，巴甫洛夫生于俄国中部梁赞镇的一座小木屋里。巴甫洛夫终生好学、善于思考。但那个时代人们对于大脑，却仍然是一个谜！人们急于知道人体内的大脑和内脏器官的工作原理，了解高级神经活动的规律，却苦于无从观察而进展甚微。一次偶发的事件，让巴甫洛夫大受启发。原来，有个猎人枪支走火，子弹射进了自己的腹部。医生救了猎人一命，但令人遗憾的是伤口长期不能愈合，只好用消毒纱布盖着腹部，留下一个通向胃部的小洞，透过这个瘘管，医生可以清楚地观察到猎人胃的活动情况。

能不能通过瘘管来观察动物的器官活动呢？这个灵感使得巴甫洛夫在生理学发展史上最有意义的实验。





巴甫洛夫发现高级神经活动规律

2. 巴氏“假饲”的实验

首先，他将狗的胃切开，做成一个通向体外的胃瘘管。接着，又在狗的脖子上开一个口子，将食管切断，然后把两个断头都接到体外。实验开始后，饥饿的狗像往常那样狼吞虎咽起来，可是咽下去的食物却从食管切口处掉出来。狗不停地吃着，可胃却始终空空如也。这时，有趣的现象发生了，食物虽然没有进入这只带瘘管的狗胃里，但狗的嘴巴一咀嚼食物，胃就开始分泌胃液。由于胃里没有杂物，胃部瘘管中就一滴一滴地滴下透明的胃液，流入预先备好的试管中。这个被称做“假饲”的实验结果显示：食物虽然没有到胃里，但胃已开始分泌胃液。说明胃液的分泌是大脑通过神经所下的命令，而不是食物直接刺激胃的结果。原来，大脑是指挥全身各器官协调工作的司令部，它控制着胃的消化活动。





巴甫洛夫发现高级神经活动规律

3. 条件反射的提出

为了更加方便地观察研究狗的神经活动，巴甫洛夫在狗的面颊上切开一个小口，用导管将唾液腺分泌出的唾液引到体外，流到挂在面颊上的漏斗中，再滴入试验用的量杯里。在给狗喂食之前，巴甫洛夫先打开电灯。因为灯光与食物没有任何联系，狗根本没有理会，也没有唾液流出来。开灯后立即给狗喂食，狗的唾液就流了出来。以后，给狗喂食时总是打开电灯。经过多次重复，一个奇特的现象出现了：只要灯光一亮，即使不喂食物，狗也会流口水。由此可见，灯光已经和食物一起成为固定的信号出现在狗的大脑中，因此狗一见灯光，就做出消化食物的反应，流出唾液。巴甫洛夫将他发现的这种实验现象称做“条件反射”。后来的实验证明，动物条件反射只是一种暂时的现象。因为对于在实验室里对灯光与食物建立了条件反射的狗来说，一旦只有灯光而不喂食物，狗的唾液就会逐渐减少，直到完全不分泌，暂时建立起来的条件反射也逐渐消失。





巴甫洛夫发现高级神经活动规律

4. 巴甫洛夫对高级神经功能活动的贡献

巴甫洛夫通过一系列科学实验，创立了非凡的学说，在人类历史上第一次对高级神经活动做了准确客观的描述，并由此开启了探索神经活动的一扇“窗口”，为研究人类大脑皮层复杂的高级神经活动开拓了全新的思路，从而也赢得了世人的景仰与崇拜，荣膺“生理学无冕之王”的光荣称号。





师生互动与交流



生理学师生交流微信群



群名称：生理学师生交流群
群号：522133613